

电光调制器及其制备方法

技术领域

[0001] 本申请属于光电技术领域，具体涉及一种电光调制器及其制备方法。

背景技术

[0002] 薄膜铌酸锂和硅光结合混合集成电光调制器是目前一大热门研究方向，常用的做法为在具有硅波导的晶圆上制备铌酸锂波导，但这种混合集成的最大难度之一是如何实现铌酸锂波导和硅光波导的光学耦合，这是因为要实现铌酸锂波导和硅光波导的光学耦合，需要铌酸锂波导与硅光波导精确对准，而实现二者的精确对准会对工艺具有严苛的要求。

发明概述

技术问题

[0003] 基于此，有必要针对上述背景技术中的电光调制器存在的铌酸锂波导和硅光波导存在光学耦合难度较大的问题，提供一种能够解决上述问题的电光调制器。

问题的解决方案

技术解决方案

[0004] 本申请的一方面提供一种电光调制器的制备方法，包括：

[0005] 提供基底；并于所述基底的上表面形成波导及底层电极，所述底层电极位于所述波导相对的两侧，且与所述波导具有间距；

[0006] 形成覆盖介质层及金属电极，所述覆盖介质层位于所述基底的上表面，且覆盖所述波导及底层电极；所述金属电极位于所述覆盖介质层内，且位于所述底层电极上，与所述底层电极相连接；

[0007] 于所述覆盖介质层的上表面形成支撑衬底；

[0008] 去除所述基底；

[0009] 提供铌酸锂薄膜，并将所述铌酸锂薄膜键合于所述覆盖介质层远离所述支撑衬底的表面；所述铌酸锂薄膜位于所述波导的正下方

[0010] 上述实施例中的电光调制器的制备方法中，通过将铌酸锂薄膜键合到具有波导

的电光芯片上，不需要将铌酸锂薄膜图形化为铌酸锂波导，光能够在波导和铌酸锂薄膜中实现自对准，不需要耦合；同时，由于光电芯片中制备有金属电极，光电芯片中的金属电极可以作为电光调制器的电极，无需额外的金属沉积工艺再制备电光调制器的电极，从而简化了工艺步骤，节约了成本

[0011] 在其中一个实施例中，所述提供基底；并于所述基底的上表面形成波导及底层电极的步骤包括：

[0012] 提供SOI基底，所述SOI基底包括由下至上依次叠置的背衬底、埋氧层及顶层硅层；

[0013] 刻蚀所述SOI基底的顶层硅层，以得到所述波导及初始底层电极；保留的所述埋氧层和所述背衬底共同作为所述基底；

[0014] 对所述初始底层电极进行掺杂以得到所述底层电极；所述底层电极为重掺杂硅电极

[0015] 在其中一个实施例中，所述提供铌酸锂薄膜，并将所述铌酸锂薄膜键合于所述覆盖介质层远离所述支撑衬底的表面的步骤包括：

[0016] 提供键合衬底，所述键合衬底上形成有第一介质层；

[0017] 于所述第一介质层的上表面形成铌酸锂薄膜；

[0018] 将所述铌酸锂薄膜经由键合层键合于所述覆盖介质层远离所述支撑衬底的表面

[0019] 在其中一个实施例中，所述键合层包括BCB层

[0020] 在其中一个实施例中，所述提供铌酸锂薄膜，并将所述铌酸锂薄膜键合于所述覆盖介质层远离所述支撑衬底的表面的步骤之前还包括：

[0021] 形成第二介质层及导电引出结构，所述第二介质层位于所述覆盖介质层远离所述支撑衬底的表面，所述导电引出结构与所述金属电极相连接，以将所述金属电极电学引出；所述第二介质层内具有第一开口，所述第一开口暴露出所述波导 部分所述底层电极及部分所述覆盖介质层；

[0022] 所述铌酸锂薄膜键合于所述第一开口暴露出的所述覆盖介质层远离所述支撑衬底的表面

[0023] 在其中一个实施例中，所述形成第二介质层及导电引出结构的步骤包括：

- [0024] 于所述覆盖介质层远离所述支撑衬底的表面形成第二介质层，于所述第二介质层及所述覆盖介质层内形成互连孔，所述互连孔暴露出所述金属电极；
- [0025] 于所述互连孔内形成第一互连插塞，所述第一互连插塞一端与所述金属电极相连接；
- [0026] 于所述第二介质层远离所述覆盖介质层的表面形成背面电极，所述背电极与所述第一互连插塞相连接；所述背面电极与所述第一互连插塞共同构成所述导电引出结构
- [0027] 在其中一个实施例中，所述形成第二介质层及导电引出结构的步骤包括：
- [0028] 于所述覆盖介质层远离所述支撑衬底的表面形成第二介质层，于所述第二介质层及所述覆盖介质层内形成第一互连插塞，并于所述第二介质层内形成背面电极；所述第一互连插塞一端与所述金属电极相连接，另一端与所述背面电极相连接；所述背面电极及所述第一互连插塞共同构成所述导电引出结构；
- [0029] 于所述第二介质层内形成所述第一开口及第二开口，所述第二开口暴露出所述背面电极。
- [0030] 在其中一个实施例中，所述背面电极包括若干层背面电极金属层及若干个第二互连插塞，相邻所述背面电极金属层经由所述第二互连插塞相连接；所述第二开口暴露出位于底层的所述背面电极金属层；所述背面电极中的任一所述背面电极金属层经由所述第一互连插塞与所述金属电极相连接。
- [0031] 本申请还提供一种电光调制器，包括：
- [0032] 铌酸锂薄膜；
- [0033] 覆盖介质层，位于所述铌酸锂薄膜上；
- [0034] 波导，位于所述覆盖介质层内，且位于所述铌酸锂薄膜的正上方；
- [0035] 底层电极，位于所述覆盖介质层内，且位于所述波导相对的两侧，且与所述波导具有间距；
- [0036] 金属电极，位于所述覆盖介质层内，且位于所述底层电极上，与所述底层电极相连接
- [0037] 上述实施例中的电光调制器，铌酸锂薄膜键合到具有波导的电光芯片上，不需要将铌酸锂薄膜图形化为铌酸锂波导，光能够在波导和铌酸锂薄膜中实现自对

准，不需要耦合；同时，由于光电芯片中制金属电极，光电芯片中的叠层金属电极可以作为电光调制器的电极，无需额外的金属沉积工艺再制备电光调制器的电极，从而简化了工艺步骤，节约了成本

[0038] 在其中一个实施例中，还包括：

[0039] 支撑衬底，位于所述覆盖介质层远离所述铌酸锂薄膜的表面；

[0040] 第一介质层，位于所述铌酸锂薄膜远离所述覆盖介质层的表面；

[0041] 键合衬底，位于所述第一介质层远离所述铌酸锂薄膜的表面

[0042] 在其中一个实施例中，还包括：

[0043] 第二介质层，位于所述覆盖介质层远离所述支撑衬底的表面；所述第二介质层内形成有第一开口，所述第一开口暴露出所述波导一部分所述底层电极及部分所述覆盖介质层；所述铌酸锂薄膜位于所述第一开口内。

[0044] 在其中一个实施例中，所述铌酸锂薄膜和所述覆盖介质层通过键合方式结合在一起。

[0045] 在其中一个实施例中，所述底层电极 所述金属电极及所述波导均为多个，所述波导位于相邻所述金属电极之间；所有所述波导在所述铌酸锂薄膜所在平面的正投影均位于所述铌酸锂薄膜的表面。

发明的有益效果

有益效果

[0046] 本发明提出的电光调制器，能够解决铌酸锂波导和硅光波导光学耦合难度较大的问题。

对附图的简要说明

附图说明

[0047] 为了更清楚地说明本申请实施例的技术方案，下面将对实施例描述中所需要使用的附图作简单地介绍，显而易见地，下面描述中的附图仅仅是本申请的一些实施例，对于本领域普通技术人员来讲，在不付出创造性劳动的前提下，还可以根据这些附图获得其他实施例的附图

[0048] 图1为本申请实施例一中提供的电光调制器的制备方法的流程图

[0049] 图2至图9为本申请实施例一中提供的电光调制器的制备方法中各步骤所得结构

的截面结构示意图

[0050] 图10为本发明实施例二中提供的电光调制器的制备方法中形成第一互连插塞及背面电极之后所得结构的截面结构示意图

[0051] 图11为本发明实施例二中提供的电光调制器的制备方法中形成铌酸锂薄膜之后所得结构的截面结构示意图

[0052] 图12为本发明实施例三中提供的电光调制器的制备方法中形成第一互连插塞及背面电极之后所得结构的截面结构示意图

[0053] 图13为本发明实施例三中提供的电光调制器的制备方法中形成铌酸锂薄膜之后所得结构的截面结构示意图

[0054] 图14至图15为本发明实施例四中提供的电光调制器的制备方法得到的电光调制器的结构示意图；其中，图14为本发明实施例四中提供的电光调制器的制备方法得到的电光调制器的俯视结构示意图，图15为沿图14中AA方向的截面结构示意图

[0055]

[0056] 附图标记说明：11 SOI基底；110 基底；111 背衬底；112 埋氧层；113 顶层硅层；1131 波导；1132 初始底层电极；1133 底层电极；12 覆盖介质层；13 叠层金属电极；131 金属层；132 导电插塞；14 支撑衬底；15 铌酸锂薄膜；16 键合层；17 第一介质层；18 键合衬底；19 第二介质层；191 第一开口；192、第二开口；20 第一互连插塞；21 背面电极；211、背面电极金属层；212、第二互连插塞。

发明实施例

本发明的实施方式

[0057] 为了便于理解本申请，下面将参照相关附图对本申请进行更全面的描述 附图中给出了本申请的实施例 但是，本申请可以以许多不同的形式来实现，并不限于本文所描述的实施例 相反地，提供这些实施例的目的是使本申请的公开内容更加透彻全面

[0058] 除非另有定义，本文所使用的所有的技术和科学术语与属于本申请的技术领域的技术人员通常理解的含义相同 本文中在本申请的说明书中所使用的术语只

是为了描述具体的实施例的目的，不是旨在于限制本申请

[0059] 可以理解，本申请所使用的术语“第一”“第二”“第三”“第四”等可在本文中用于描述各种元件，但这些元件不受这些术语限制。这些术语仅用于将第一个元件与另一个元件区分。举例来说，在不脱离本申请的范围的情况下，可以将第一控制装置称为第二控制装置，且类似地，可将第二控制装置称为第一控制装置。第一控制装置和第二控制装置两者都是控制装置，但其不是同一控制装置。

[0060] 可以理解，以下实施例中的“连接”，如果被连接的电路、模块、单元等相互之间具有电信号或数据的传递，则应理解为“电连接”“通信连接”等。

[0061] 在此使用时，单数形式的“一”“一个”和“所述/该”也可以包括复数形式，除非上下文清楚指出另外的方式。还应当理解的是，术语“包括/包含”或“具有”等指定所陈述的特征、整体、步骤、操作、组件、部分或它们的组合的存在，但是不排除存在或添加一个或多个其他特征、整体、步骤、操作、组件、部分或它们的组合的可能性。同时，在本说明书中使用的术语“和/或”包括相关所列项目的任何及所有组合。

[0062] 实施例一

[0063] 请参阅图1，本申请提供一种电光调制器的制备方法，电光调制器的制备方法包括：

[0064] S10：提供基底；并于所述基底的上表面形成波导及底层电极，所述底层电极位于所述波导相对的两侧，且与所述波导具有间距；

[0065] S20：形成覆盖介质层及金属电极，所述覆盖介质层位于所述基底的上表面，且覆盖所述波导及底层电极；所述金属电极位于所述覆盖介质层内，且位于所述底层电极上，与所述底层电极相连接；

[0066] S30：于所述覆盖介质层的上表面形成支撑衬底；

[0067] S40：去除所述基底；

[0068] S50：提供铌酸锂薄膜，并将所述铌酸锂薄膜键合于所述覆盖介质层远离所述支撑衬底的表面；所述铌酸锂薄膜位于所述波导的正下方。

[0069] 上述实施例中的电光调制器的制备方法中，通过将铌酸锂薄膜键合到具有波导

的电光芯片上，不需要将铌酸锂薄膜图形化为铌酸锂波导，光能够在波导和铌酸锂薄膜中实现自对准，不需要耦合；同时，由于光电芯片中制备有金属电极，光电芯片中的叠层金属电极可以作为电光调制器的电极，无需额外的金属沉积工艺再制备电光调制器的电极，从而简化了工艺步骤，节约了成本

[0070] 在步骤S10中，请参阅图1中的S10步骤及图2至图4，提供基底110，并于基底110的上表面形成波导1131及底层电极1133，底层电极1133位于波导1132相对的两侧，且与波导1132具有间距。

[0071] 作为示例，步骤S10可以包括如下步骤：

[0072] S101：提供SOI (Silicon-On-Insulator，绝缘体上硅) 基底110，所述SOI基底110包括由下至上依次叠置背衬底111、埋氧层112及顶层硅层113，如图2所示；

[0073] S102：刻蚀SOI基底110的顶层硅层113，以得到波导1131及初始底层电极1132，如图3所示；具体的，可以采用但不仅限于干法刻蚀工艺刻蚀顶层硅层113；保留的埋氧层112和背衬底111共同作为基底11；

[0074] S103：对初始底层电极1132进行掺杂以得到底层电极1133，如图4所示；底层电极1133可以为重掺杂硅电极

[0075] 作为示例，底层电极1133与波导1131的间距可以根据实际需要进行设定，本实施例中，底层电极1133与波导1131的间距可以包括但不限于500nm~5000nm；具体的，底层电极1133与波导1131的间距可以为500nm 1000nm 2000nm 3000nm 4000nm或5000nm等等

[0076] 本申请中通过使用掺杂硅电极作为底层电极1133，掺杂硅电极产生的电场可以实现电光调制；但底层电极11与波导1131的间距不能太远也不能太近，如果底层电极1133与波导1131离得太近(譬如小于500nm)，底层电极1133就会对光场有吸收，从而导致光学损耗较高，但如果底层电极1133与波导1131离得太远(譬如大于5000nm)，底层电极1133产生的电场电光调制的效果又会比较差，通过将底层电极1133与波导1131的间距限定在500nm~5000nm，可以在保证具有较低光学损耗的前提下具有较好的电光调制效率

[0077] 在步骤S20中，请参阅图1中的S20步骤及图5，形成覆盖介质层12及金属电极13

，覆盖介质层12位于埋氧层112的上表面，且覆盖波导1131及底层电极1133；金属电极13位于覆盖介质层12内，且位于底层电极1133上，与底层电极1133相连接。

[0078] 在一个示例中，金属电极13可以为包括单层金属层的单层电极。

[0079] 在另一个示例中，金属电极13可以为叠层金属电极，可以包括若干层金属层131及若干个导电插塞132，位于底层的金属层113与底层电极1133之间及相邻金属层131之间均经由导电插塞132相连接

[0080] 作为示例，导电插塞132可以为金属插塞，具体的，导电插塞132可以包括但不限于铝插塞 铜插塞 镍插塞或钛插塞等等；金属层131可以包括铜层 镍层 铝层或钛层等等

[0081] 作为示例，覆盖介质层12的上表面可以高于金属电极13的上表面，覆盖介质层12可以起到对金属电极13的覆盖保护作用

[0082] 作为示例，覆盖介质层12可以包括但不限于氧化层，具体的，覆盖介质层12可以包括但不限于氧化硅层

[0083] 作为示例，金属电极13为叠层金属电极时，覆盖介质层12可以包括多层依次叠置的子介质层(未示出)；形成覆盖介质层12及金属电极13的方法可以为：首先，于埋氧层112的上表面形成一层子介质层，在子介质层内形成互连通孔，并在互连通孔内形成最底层的导电插塞132；其次，在形成的子介质层的上表面形成位于底层的金属层131；然后，在形成的子介质层的上表面形成另一层子介质层，并在该层子介质层内形成互连通孔，且在互连通孔内形成导电插塞132；再次，在形成的子介质层的上表面形成又一层金属层131；重复上述步骤若干次，直至形成覆盖介质层12及金属电极13

[0084] 在步骤S30中，请参阅图1中的S30步骤及图6，于覆盖介质层12的上表面形成支撑衬底14

[0085] 具体的，支撑衬底14可以为任意一种可以起到支撑作用的衬底，譬如，硅衬底 玻璃衬底或蓝宝石衬底等等

[0086] 作为示例，可以采用但不限于键合工艺将支撑衬底14结合于覆盖介质层12的上表面

- [0087] 在步骤S40中，请参阅图1中的S40步骤及图7，去除基底110
- [0088] 具体的，可以采用但不仅限于研磨工艺依次去除基底110 去除后，暴露出覆盖介质层12的底部 底层电极1133的底部及波导1131的底部
- [0089] 在步骤S50中，请参阅图1中的S50步骤及图8，提供铌酸锂薄膜15，并将铌酸锂薄膜15键合于覆盖介质层12远离支撑衬底14的表面；铌酸锂薄膜15位于波导1131的正下方
- [0090] 作为示例，提供铌酸锂薄膜15，并将铌酸锂薄膜15键合于覆盖介质层12远离支撑衬底14的表面可以包括：
- [0091] 提供键合衬底18，键合衬底18上形成有第一介质层17；键合衬底18可以包括任意一种衬底，譬如，硅衬底 蓝宝石衬底 玻璃衬底或氮化镓衬底等等；第一介质层17可以包括但不仅限于氧化硅层；
- [0092] 于第一介质层17的上表面形成铌酸锂薄膜15；具体的，可以采用但不仅限于键合工艺将铌酸锂薄膜15键合于第一介质层17的上表面；
- [0093] 将铌酸锂薄膜15经由键合层16键合于覆盖介质层12远离支撑衬底14的表面。在其它实施例中，也可以将铌酸锂薄膜15与覆盖介质层12直接键合在一起，也就是省去键合层16
- [0094] 作为示例，键合层16可以包括但不仅限于BCB（苯并环丁烯）层 在其他示例中，键合层16还可以包括氧化硅层
- [0095] 具体的，可以通过粘合力或分子间作用力将键合层16与覆盖介质层12结合在一起
- [0096] 作为示例，提供铌酸锂薄膜15，并将铌酸锂薄膜15键合于覆盖介质层12远离支撑衬底14的表面之前还包括：
- [0097] 形成第二介质层19及导电引出结构（未示出），第二介质层19位于覆盖介质层12远离支撑衬底14的表面，导电引出结构与金属电极13相连接，以将金属电极3电学引出；第二介质层19内具有第一开口191，第一开口191暴露出波导1131部分底层电极1133及部分覆盖介质层12，如图8所示；具体的，可以采用但不仅限于干法刻蚀工艺形成第一开口191；
- [0098] 铌酸锂薄膜15键合于第一开口191暴露出的覆盖介质层12远离支撑衬底14的表

面，如图9所示

- [0099] 具体的，导电引出结构可以为贯穿支撑衬底14并与金属电极13相连接的金属插塞。
- [0100] 请结合图2至图8继续参阅图9，本申请还提供一种电光调制器，电光调制器包括：铌酸锂薄膜15；覆盖介质层12，位于铌酸锂薄膜15上；波导1131，波导1131位于覆盖介质层12内，且位于铌酸锂薄膜15的正上方；底层电极1133，底层电极1133位于覆盖介质层12内，且位于波导1131相对的两侧，且与波导1131具有间距；金属电极13，金属电极13位于覆盖介质层12内，且位于底层电极1133上，与底层电极1133相连接。
- [0101] 在一个示例中，金属电极13可以为包括单层金属层的单层电极。
- [0102] 在另一个示例中，金属电极13可以为叠层金属电极，金属电极13可以包括若干层金属层131及若干个导电插塞132，位于底层的金属层131与底层电极1133之间及相邻金属层131之间均经由导电插塞132相连接
- [0103] 上述实施例中的电光调制器，铌酸锂薄膜15键合到具有波导1131的电光芯片上，不需要将铌酸锂薄膜15图形化为铌酸锂波导，光能够在波导1131和铌酸锂薄膜15中实现自对准，不需要耦合；同时，由于光电芯片中制备有金属电极13，光电芯片中的金属电极13可以作为电光调制器的电极，无需额外的金属沉积工艺再制备电光调制器的电极，从而简化了工艺步骤，节约了成本
- [0104] 作为示例，底层电极1133与波导1131的间距可以根据实际需要进行设定，本实施例中，底层电极1133与波导1131的间距可以包括但不限于500nm~5000nm；具体的，底层电极1133与波导1131的间距可以为500nm 1000nm 2000nm 3000nm 4000nm或5000nm等等
- [0105] 本申请中通过使用掺杂硅电极作为底层电极1133，掺杂硅电极产生的电场可以实现电光调制；但底层电极11与波导1131的间距不能太远也不能太近，如果底层电极1133与波导1131离的太近(譬如小于500nm)，底层电极1133就会对光场有吸收，从而导致光学损耗较高，但如果底层电极1133与波导1131离得太远(譬如大于5000nm)，底层电极1133产生的电场电光调制的效果又会比较差，通过将底层电极1133与波导1131的间距限定在500nm~5000nm，可以在保证具有较低光学

损耗的前提下具有较好的电光调制效率

- [0106] 作为示例，导电插塞132可以为金属插塞，具体的，导电插塞132可以包括但不限于铝插塞 铜插塞 镍插塞或钛插塞等等；金属层131可以包括铜层 镍层 铝层或钛层等等
- [0107] 作为示例，覆盖介质层12的上表面可以高于金属电极13的上表面，覆盖介质层12可以起到对金属电极13的覆盖保护作用
- [0108] 作为示例，覆盖介质层12可以包括但不限于氧化层，具体的，覆盖介质层12可以包括但不限于氧化硅层
- [0109] 作为示例，覆盖介质层12可以包括多层依次叠置的子介质层(未示出)
- [0110] 作为示例，电光调制器还包括：支撑衬底14；支撑衬底14位于覆盖介质层12远离铌酸锂薄膜15的表面；第一介质层17，第一介质层17位于铌酸锂薄膜15远离覆盖介质层12的表面；键合衬底18，键合衬底18位于第一介质层17远离铌酸锂薄膜15的表面
- [0111] 具体的，支撑衬底14可以为任意一种可以起到支撑作用的衬底，譬如，硅衬底 玻璃衬底或蓝宝石衬底等等
- [0112] 作为示例，键合衬底18可以包括任意一种衬底，譬如，硅衬底 蓝宝石衬底 玻璃衬底或氮化镓衬底等等；第一介质层17可以包括但不限于氧化硅层
- [0113] 作为示例，铌酸锂薄膜15通过键合层16键合于覆盖介质层12的表面；键合层16可以包括但不限于BCB层 在其他示例中，键合层16还可以包括氧化硅层
- [0114] 作为示例，电光调制器还包括：第二介质层19，第二介质层19位于覆盖介质层12远离支撑衬底14的表面；第二介质层19内形成有第一开口191，第一开口191暴露出波导1131 部分底层电极1133及部分覆盖介质层12；铌酸锂薄膜15位于第一开口191内。
- [0115] 作为示例，铌酸锂薄膜15可以与覆盖介质层12通过键合方式键合在一起。
- [0116] 作为示例，电光调制器还导电引出结构（未示出），导电引出结构与金属电极13相连接，以将金属电极13电学引出
- [0117] 具体的，导电引出结构可以为贯穿支撑衬底14并与金属电极13相连接的金属插塞。

[0118] 实施例二

[0119] 请结合图1至9参阅图10至图11，本实施例中还提供一种电光调制器的制备方法，本实施例中的电光调制器的制备方法与实施例一中提供的电光调制器的制备方法大致相同，底层电极1133与金属电极13共同构成正面电极；二者的区别主要在于：本申请的电光调制器的制备方法中的形成第二介质层19及导电引出结构的制备方法不同，具体的，本申请的电光调制器的制备方法中的形成第二介质层19及导电引出结构的步骤包括：

[0120] 于覆盖介质层12远离支撑衬底14的表面形成第二介质层9；

[0121] 于第二介质层19及覆盖介质层12内形成互连孔（未示出），互连孔暴露出叠层金属电极113中的任一层金属层131；具体的，互连孔可以暴露出叠层金属电极113中位于底层的金属层131，也可以暴露出金属电极13中位于次底层的金属层131，还可以为暴露出金属电极13中其他任一层的金属层131；

[0122] 于互连孔内形成第一互连插塞20，并于第二介质层19内形成背面电极21；第一互连插塞20一端与背面电极21相连接，另一端与金属电极13相连接；当金属电极13为叠层金属电极时，第一互连插塞20可以与金属电极113中任意一层金属层113相连接，即第一互连插塞20可以与金属电极113中位于底层的金属层131相连接，也可以与金属电极13中位于次底层的金属层131相连接，还可以与金属电极13中其他任一层的金属层131相连接；背面电极21及第一互连插塞20共同构成导电引出结构；

[0123] 于第二介质层19内形成所述第一开口191及第二开口192，第二开口192暴露出背面电极21，如图10所示。

[0124] 作为示例，如图10及图11所示，背面电极21可以包括若干层背面电极金属层211及若干个第二互连插塞212，相邻背面电极金属层211经由第二互连插塞212相连接；第二开口192暴露出位于底层的背面电极金属层211；背面电极21中的任一背面电极金属层211经由第一互连插塞20与金属电极13中的任一层金属层131相连接。

[0125] 请继续参阅图11，本实施例中还提供一种电光调制器，本实施例中的电光调制器的具体结构与实施例一中的电光调制器的具体结构大致相同，二者的区别主

要在于：实施例一中的电光调制器的电极仅包括底层电极1133与金属电极13共同构成正面电极；而本实施例中的电光调制器中的导电引出结构与实施例一中的电光调制器的导电引出结构不同，本实施例中的导电引出结构包括：背面电极21，背面电极21位于第二介质层19内；第一互连插塞20，第一互连插塞20一端与背面电极21相连接，另一端与金属电极13相连接；第二介质层19内还形成有第二开口192，第二开口192暴露出背面电极21

[0126] 具体的，当金属电极13为叠层金属电极时，第一互连插塞20可以与金属电极113中任意一层金属层113相连接，即第一互连插塞20可以与金属电极113中位于底层的金属层131相连接，也可以与金属电极13中位于次底层的金属层131相连接，还可以与金属电极13中其他任一层的金属层131相连接；背面电极21及第一互连插塞20共同构成导电引出结构。

[0127] 作为示例，背面电极21可以包括若干层背面电极金属层211及若干个第二互连插塞212，相邻背面电极金属层211经由第二互连插塞212相连接；第二开口192暴露出位于底层的背面电极金属层211；背面电极21中的任一背面电极金属层211经由第一互连插塞20与金属电极13相连接。

[0128] 实施例三

[0129] 请结合图1至9参阅图12至图13，本实施例中还提供一种电光调制器的制备方法，本实施例中的电光调制器的制备方法与实施例一中提供的电光调制器的制备方法大致相同，底层电极1133与金属电极13共同构成正面电极；二者的区别主要在于：本申请的电光调制器的制备方法中的第二介质层19及导电引出结构的制备方法与实施例一中的电光调制器的制备方法中的第二介质层19及导电引出结构的制备方法不同，本实施例中第二介质层19及导电引出结构的制备方法包括：

[0130] 于覆盖介质层12远离支撑衬底14的表面形成第二介质层19；于第二介质层19及覆盖介质层12内形成互连孔(未示出)，互连孔暴露出位于金属电极13；

[0131] 于互连孔内形成第一互连插塞20，第一互连插塞20一端与金属电极13相连接；

[0132] 于第二介质层19远离覆盖介质层12的表面形成背面电极21，背面电极21与第一互连插塞20相连接，如图12所示；背面电极21与第一互连插塞20共同构成导电

引出结构 本本实施例的电光调制器的制备方法得到的电光调制器如图13所示

[0133] 请继续参阅图13，本实施例中还提供一种电光调制器，本实施例中的电光调制器的具体结构与实施例一中的电光调制器的具体结构大致相同，二者的区别主要在于：实施例一中的电光调制器的中的导电引出结构不同，本实施例中的导电引出结构包括：背面电极21，背面电极21位于第二介质层19远离覆盖介质层12的表面；第一互连插塞20，一端与背面电极21相连接，另一端与金属电极13相连接

[0134] 实施例四

[0135] 请结合图1至9参阅图14至图15，本实施例中还提供一种电光调制器，本实施例中的电光调制器的具体结构与实施例一中的电光调制器的具体结构大致相同，二者的区别主要在于：实施例一中的电光调制器包括一个波导1131及两个金属电极13和两个底层电极1133；而本实施例中的电光调制器中底层电极1133 金属电极13及所述波导1131均为多个，波导1131位于相邻金属电极13之间；所有波导1131在铌酸锂薄膜15所在平面的正投影均位于铌酸锂薄膜15的表面

[0136] 作为示例，波导1131及金属层131均包括位于两端的端部直线部(未标出)位于中间的中间直线部(未标出)及位于端部直线部与中间直线部之间的折弯部(未标出)；铌酸锂薄膜15可以仅位于波导1131的中间直线部及金属层131的中间直线部的下方，如图14所示

[0137] 在本说明书的描述中，参考术语“其中一个实施例” “一些实施例” “其他实施例”等的描述意指结合该实施例或示例描述的具体特征 结构 材料或者特征包含于本发明的至少一个实施例或示例中 在本说明书中，对上述术语的示意性描述不一定指的是相同的实施例或示例

[0138] 以上所述实施例的各技术特征可以进行任意的组合，为使描述简洁，未对上述实施例中的各个技术特征所有可能的组合都进行描述，然而，只要这些技术特征的组合不存在矛盾，都应当认为是本说明书记载的范围

[0139] 以上所述实施例仅表达了本发明的几种实施方式，其描述较为具体和详细，但并不能因此而理解为对发明专利范围的限制 应当指出的是，对于本领域的普

通技术人员来说，在不脱离本发明构思的前提下，还可以做出若干变形和改进，这些都属于本发明的保护范围。因此，本发明专利的保护范围应以所附权利要求为准。

权利要求书

- [权利要求 1] 一种电光调制器的制备方法，其特征在于，包括：
- 提供基底；并于所述基底的上表面形成波导及底层电极，所述底层电极位于所述波导相对的两侧，且与所述波导具有间距；
- 形成覆盖介质层及金属电极，所述覆盖介质层位于所述基底的上表面，且覆盖所述波导及底层电极；所述金属电极位于所述覆盖介质层内，且位于所述底层电极上，与所述底层电极相连接；
- 于所述覆盖介质层的上表面形成支撑衬底；
- 去除所述基底；
- 提供铌酸锂薄膜，并将所述铌酸锂薄膜键合于所述覆盖介质层远离所述支撑衬底的表面；所述铌酸锂薄膜位于所述波导的正下方。
- [权利要求 2] 根据权利要求1所述的电光调制器的制备方法，其特征在于，所述提供基底；并于所述基底的上表面形成波导及底层电极的步骤包括：
- 提供SOI基底，所述SOI基底包括由下至上依次叠置的背衬底、埋氧层及顶层硅层；
- 刻蚀所述SOI基底的顶层硅层，以得到所述波导及初始底层电极；保留的所述埋氧层和所述背衬底共同作为所述基底；
- 对所述初始底层电极进行掺杂以得到所述底层电极；所述底层电极为重掺杂硅电极。
- [权利要求 3] 根据权利要求2所述的电光调制器的制备方法，其特征在于，所述提供铌酸锂薄膜，并将所述铌酸锂薄膜键合于所述覆盖介质层远离所述支撑衬底的表面的步骤包括：
- 提供键合衬底，所述键合衬底上形成有第一介质层；
- 于所述第一介质层的上表面形成铌酸锂薄膜；
- 将所述铌酸锂薄膜经由键合层键合于所述覆盖介质层远离所述支撑衬底的表面。
- [权利要求 4] 根据权利要求3所述的电光调制器的制备方法，其特征在于，所述键合层包括BCB层。

- [权利要求 5] 根据权利要求1至4中任一项所述的电光调制器的制备方法，其特征在于，所述提供铌酸锂薄膜，并将所述铌酸锂薄膜键合于所述覆盖介质层远离所述支撑衬底的表面的步骤之前还包括：
- 形成第二介质层及导电引出结构，所述第二介质层位于所述覆盖介质层远离所述支撑衬底的表面，所述导电引出结构与所述金属电极相连接，以将所述金属电极电学引出；所述第二介质层内具有第一开口，所述第一开口暴露出所述波导 部分所述底层电极及部分所述覆盖介质层；
- 所述铌酸锂薄膜键合于所述第一开口暴露出的所述覆盖介质层远离所述支撑衬底的表面。
- [权利要求 6] 根据权利要求5所述的电光调制器的制备方法，其特征在于，所述形成第二介质层及导电引出结构的步骤包括：
- 于所述覆盖介质层远离所述支撑衬底的表面形成第二介质层，于所述第二介质层及所述覆盖介质层内形成互连孔，所述互连孔暴露出所述金属电极；
- 于所述互连孔内形成第一互连插塞，所述第一互连插塞一端与所述金属电极相连接；
- 于所述第二介质层远离所述覆盖介质层的表面形成背面电极，所述背面电极与所述第一互连插塞相连接；所述背面电极与所述第一互连插塞共同构成所述导电引出结构。
- [权利要求 7] 根据权利要求5所述的电光调制器的制备方法，其特征在于，所述形成第二介质层及导电引出结构的步骤包括：
- 于所述覆盖介质层远离所述支撑衬底的表面形成第二介质层，于所述第二介质层及所述覆盖介质层内形成第一互连插塞，并于所述第二介质层内形成背面电极；所述第一互连插塞一端与所述金属电极相连接，另一端与所述背面电极相连接；所述背面电极及所述第一互连插塞共同构成所述导电引出结构；
- 于所述第二介质层内形成所述第一开口及第二开口，所述第二开口暴

露出所述背面电极。

- [权利要求 8] 根据权利要求7所述的电光调制器的制备方法，其特征在于，所述背面电极包括若干层背面电极金属层及若干个第二互连插塞，相邻所述背面电极金属层经由所述第二互连插塞相连接；所述第二开口暴露出位于底层的所述背面电极金属层；所述背面电极中的任一所述背面电极金属层经由所述第一互连插塞与所述金属电极相连接。
- [权利要求 9] 一种电光调制器，其特征在于，包括：
铌酸锂薄膜；
覆盖介质层，位于所述铌酸锂薄膜上；
波导，位于所述覆盖介质层内，且位于所述铌酸锂薄膜的正上方；
底层电极，位于所述覆盖介质层内，且位于所述波导相对的两侧，且与所述波导具有间距；
金属电极，位于所述覆盖介质层内，且位于所述底层电极上，与所述底层电极相连接。
- [权利要求 10] 根据权利要求9所述的电光调制器，其特征在于，还包括：
支撑衬底，位于所述覆盖介质层远离所述铌酸锂薄膜的表面上；
第一介质层，位于所述铌酸锂薄膜远离所述覆盖介质层的表面上；
键合衬底，位于所述第一介质层远离所述铌酸锂薄膜的表面上。
- [权利要求 11] 根据权利要求10所述的电光调制器，其特征在于，还包括：
第二介质层，位于所述覆盖介质层远离所述支撑衬底的表面；所述第二介质层内形成有第一开口，所述第一开口暴露出所述波导 部分所述底层电极及部分所述覆盖介质层；所述铌酸锂薄膜位于所述第一开口内。
- [权利要求 12] 根据权利要求11所述的电光调制器，其特征在于，所述铌酸锂薄膜和所述覆盖介质层通过键合方式结合在一起。
- [权利要求 13] 根据权利要求11所述的电光调制器，其特征在于，所述铌酸锂薄膜和所述覆盖介质层之间设有将所述铌酸锂薄膜和所述覆盖介质层键合在一起的键合层。

- [权利要求 14] 根据权利要求11所述的电光调制器，其特征在于，所述第二介质层远离所述覆盖介质层的表面设有背面电极，所述背面电极与所述金属电极相电性连接。
- [权利要求 15] 根据权利要求9至14中任一项所述的电光调制器，其特征在于，所述底层电极 所述金属电极及所述波导均为多个，所述波导位于相邻所述金属电极之间；所有所述波导在所述铌酸锂薄膜所在平面的正投影均位于所述铌酸锂薄膜的表面。